

【課題名】使用済み紙おむつの再資源化技術開発 [補助事業]

【代表者】ユニ・チャーム(株) 和田充弘

【実施年度】平成30～令和2年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

背景:紙おむつ廃棄物は、ほぼ全量が焼却処分され、焼却に伴う温室効果ガス排出量は90万トン(2018年)と見込まれる。、今後の高齢化に伴いさらに増加する事が見込まれるが、焼却処分量の削減、リサイクルによる再資源化が社会的課題となっている。

目的:使用済み紙おむつを回収、リサイクル処理し、紙おむつ原料として使用可能なパルプや高吸収性ポリマー(以下、SAP)に再資源化し、CO₂排出削減と資源循環、コスト削減を実現する技術を開発すること。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【SAP再資源化技術】

サプライチェーン連携により、既存設備・技術を有効活用し、バージンSAPと同等の品質・安全性を満たす SAP再生技術確立する。(実用化レベルに2021年到達)

A2.【処理水再生循環及びクエン酸回収及び排水処理技術】

クエン酸処理水再生循環フィールド実証機にて処理能力100%の運転を実証する。排水は水溶性のポリアクリル酸を凝集沈殿し、水質基準への適合を確認する。(実用化レベルに2021年到達)

A3.【高濃度均一オゾン処理技術】

高濃度均一オゾン処理フィールド実証機にて 処理能力100%の運転を実証する。また、オゾン処理300kg/8hの生産能力及びパルプの品質・安全性の担保を実証する。(実用化レベルに2021年到達)

A4.【定量連続投入及び破碎洗浄分離技術】

破碎洗浄分離装置と連動式の定量連続投入フィールド実証機にて、連続運転テストを実施し、連続稼働することを確認する。(実用化レベルに2021年到達)

B. 各処理工程の統合化と実証

各処理工程のシステムを統合し、8時間連続稼働を実証する。

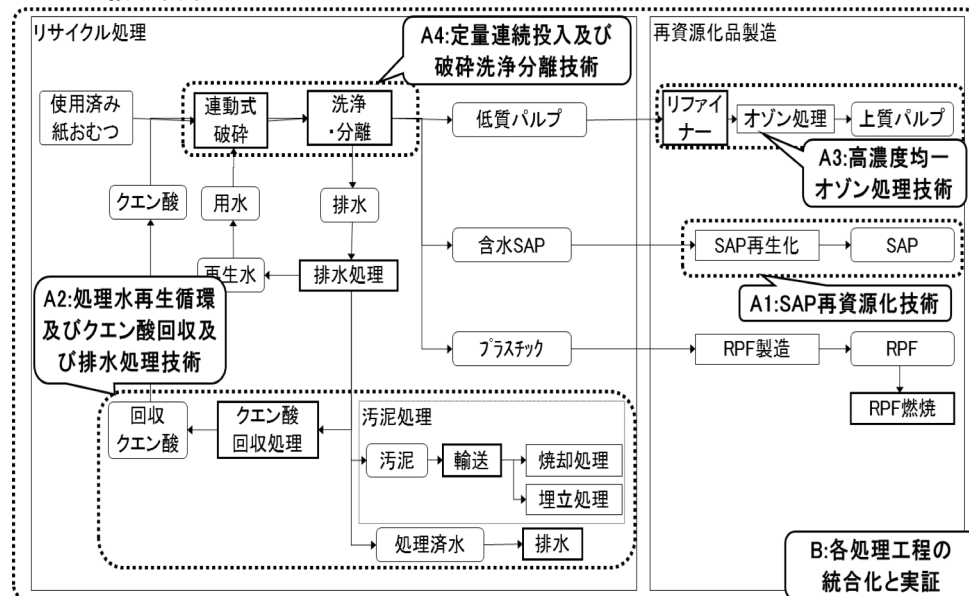
開発する技術の現状と進行計画を次の表に示す。

技術開発項目	A1. SAP再資源化技術		A2. 処理水再生循環、クエン酸回収、排水処理技術		A3. 高濃度均一オゾン処理技術		A4. 定量連続投入及び破碎・洗浄・分離技術	
実施規模	模擬実証	フィールド実証	模擬実証	フィールド実証	模擬実証	フィールド実証	模擬実証	フィールド実証
実施時期	2018年度	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み
	2019年度	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み
	2020年度	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み	↓ 済み

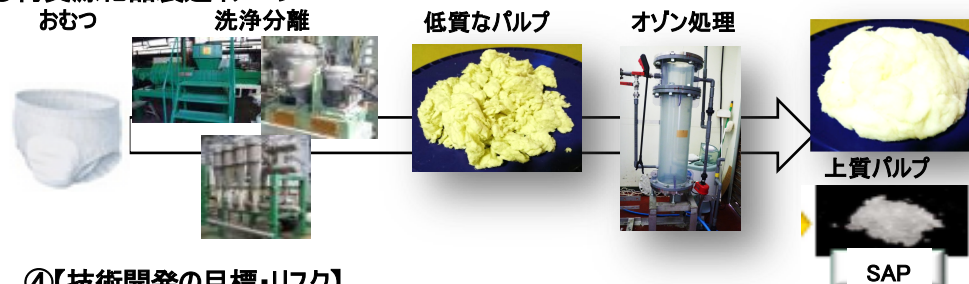
③【システム構成】 ○全体イメージ



○システム構成詳細フロー



○再資源化品製造イメージ



④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザー:自治体、産業廃棄物中間処理業者

○利用価値: CO₂削減、再資源化品の経済価値、廃棄物処理費削減

○目標となる仕様及び性能:

1. CO₂排出削減:エネルギー起源CO₂を焼却処理と比較して30%以上削減を達成
2. 再資源化率:衛材用パルプ60%以上、衛材用SAP60%以上
3. 再資源化品の品質、安全性:バージン材と同等の品質、安全性を確認

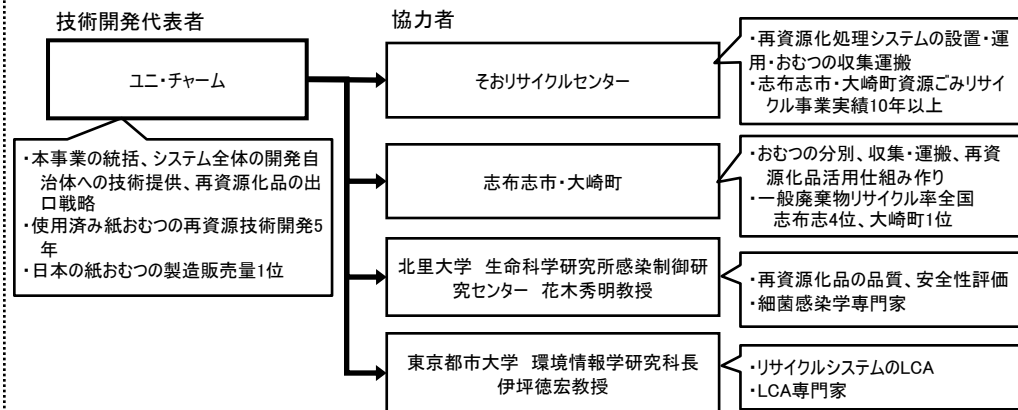
○開発工程に係るリスク・対応策:

- ・異物の混入等、使用済みおむつの性状が安定しないこと
- ⇒対応策:金属探知機等、事前の分離処理技術確立と自治体による住民啓発

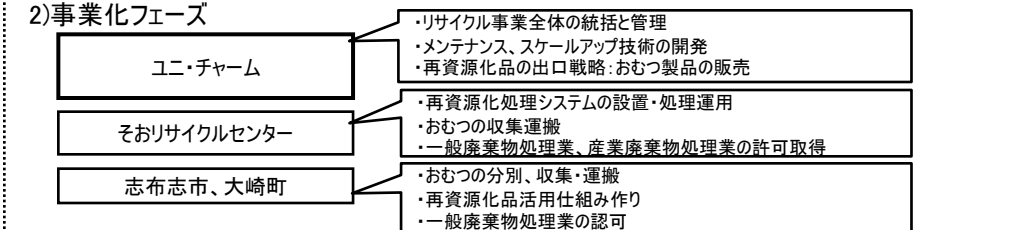
(2)実施計画等

①【実施体制】

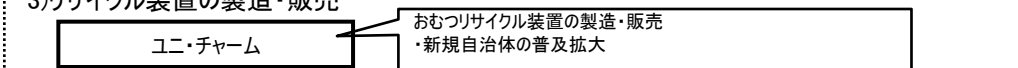
1)実証実験フェーズ



2)事業化フェーズ



3)リサイクル装置の製造・販売



②【実施スケジュール】

技術開発範囲	2018年度	2019年度	2020年度
A1 :SAP再資源化技術開発	→	→	
	47,000千円	22,000千円	
A2 :処理水再生循環及びクエン酸回収及び排水処理技術	→	→	
	34,000千円	44,500千円	
A3 :高濃度均一オゾン処理技術開発	→	→	
	5,000千円	82,450千円	
A4 :定量連続投入及び破碎・洗浄・分離技術開発	→	→	
		74,287千円	
B :各処理工程の統合化と実証	→	→	→
		51,275千円	77,000千円
事業費 合計	86,000千円	274,512千円	77,000千円
環境省補助額 合計	43,000千円	137,256千円	38,500千円

③【事業化・普及の見込み】

事業化を担う主たる事業者	ユニ・チャーム(株)
--------------	------------

○事業化計画

- ・2022年：志布志市・大崎町の紙おむつをリサイクル処理を実施し、再資源化したパルプを原材料として活用する再資源化おむつ販売開始
- ・2023年：志布志市・大崎町で紙おむつリサイクル事業化開始
 - ・リサイクル品の規格制定(JIS化)
 - ・志布志市以降の自治体への展開の取組（フィジビリティスタディ開始）

○事業展開における普及の見込み

- ・2028年：首都圏1都市にてリサイクル事業開始(4.2千t/年)
- ・2030年：日本10都市(人口50万人/都市)を対象にリサイクル事業開始(48千t/年)
- ・2050年：日本人口5000万人を対象に拡大
- ・運用コスト目標：焼却処理費用と同等レベルにすること

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】

年度	2021	2025	2030
おむつ使用者人口(千人)	3	33	758
目標単年販売台数(台)	1	3	83
目標累積販売台数(台)	1	4	87
目標販売価格(百万円/台)	297	297	297

【現時点見込み】

年度	2023 (事業開始)	2028	2030	2050
おむつ使用者人口(千人)	3	25	289	2890
おむつ回収量(t/年)	500	4,170	48,170	481,700
目標単年販売台数(台)	1	8	96	963
目標累積販売台数(台)	1	9	105	1068
目標販売価格(百万円/台)	297	297	297	297

注：2028以降は、対象人口から現時点と同じ規模の設備で8時間操業するものとして算出

注：普及後の設備販売価格はまだ不明の為、同価格とした。

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・使用済み紙おむつの分別回収コストが既存の回収コストの上乗せになる事により、トータルの処理コストが増える恐れがある。
- ・消費者のリサイクル品へのネガ意識が強く、リサイクル品の活用が進まない恐れがある。

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・処理規模：1日2tの使用済みおむつを処理出来る実用機導入
- ・回収率：上質パルプの回収率 60%
SAPの回収率 52%
- ・パルプ品質：リサイクルパルプのJIS案に適合
- ・おむつ品質、加工性：再資源化品を用いたティシュペーパーおよび、紙おむつ製造における加工適性は、バージン材と同等

②【エネルギー起源CO₂削減効果】

【提案時当初計画】

開発品（装置/システム）1台当たりのCO ₂ 削減量（t-CO ₂ /台・年）	7.8
開発品（装置/システム）の法定耐用年数	15年

年度	2020	2025	2030
単年CO ₂ 削減量（t-CO ₂ /年）	7.8	68	1,916
累積CO ₂ 削減量（t-CO ₂ ）	7.8	99	2,288
CO ₂ 削減コスト（千円/t-CO ₂ ）	2,538	2,538	2,538

※CO₂削減量試算方法パターン：C、II-i

計算方法：当該年度の最大普及処理量×開発システム処理量当たりのCO₂削減量で算出

※CO₂削減コスト（千円/t-CO₂）＝目標販売価格297,000千円/台÷単年CO₂削減量（t-CO₂/年）÷15年

【現時点見込み】

エネルギー起源CO₂排出は、焼却処理の排出に対し、315%の削減が可能

開発品（装置/システム）1台当たりのCO ₂ 削減量（t-CO ₂ /台・年）	87.4
---	------

※CO₂削減量試算方法パターン：C、II-i

計算方法：当該年度の最大普及処理量×開発システム処理量当たりのCO₂削減量で算出

※1台当たりのCO₂削減量87.4t/年＝

（焼却の場合CO₂排出量0.055t-（リサイクルの場合CO₂排出量-0.119t/t））×500t/年
リサイクルのCO₂には、パルプ/SAP/RPFの代替 削減含む

開発品（装置/システム）の法定耐用年数	15年
---------------------	-----

年度	2023	2028	2030	2050
おむつ回収量（t/年）	500	4,170	48,170	481,700
単年CO ₂ 削減量（t-CO ₂ /年）	87.4	728	8,420	84,195
累積CO ₂ 削減量（t-CO ₂ ）	87.4	1165	11,216	195,922
CO ₂ 削減コスト（千円/t-CO ₂ ）	227	227	227	227

※おむつ1t当たりのCO₂削減量

CO₂削減量0.175t/おむつt＝焼却の場合CO₂排出量0.055t/t-（リサイクルの場合CO₂排出量-0.119t/t）
リサイクルのCO₂には、パルプ/SAP/RPFの代替物CO₂の削減含む

※CO₂削減コスト（千円/t-CO₂）＝目標販売価格297,000千円/台÷単年CO₂削減量（t-CO₂/年）÷15年

③【成果発表状況】

- ・学会発表 7件：2019年9月20日 廃棄物資源循環学会 「使用済み紙おむつ再資源化に関する検討」（発表者：今井茂夫、和田充弘）
- ・論文発表 11件：2020年 Resources 「LCA of the Closed-loop Recycling of Used Disposable Diaper」（Norihito Itsubo, Mitsuhiro wada etc.）
- ・おむつリサイクル紹介自治体、住民向けパンフレット 1件：2021年3月「紙おむつの未来（地域の未来）をみんなで考える」（環境省補助事業活用を紹介）
- ・当社ホームページに紹介「図解でわかるおむつリサイクル」子供にも分かる様に仕組みを説明（<https://www.unicharm.co.jp/ja/csr-eco/education.html>）
- ・TV 14件：一例2020年4月19日NHK社 Cool Japan 「リサイクルRecycling」
- ・新聞：82件、専門誌、雑誌：26件
- ・特許 公開数70件、登録数50件

④【技術開発終了後の事業展開】

○実用化・量産化・販売計画

- ・2022年春までに、リサイクル処理機で処理し、生成されたパルプを活用したリサイクル紙おむつを発売する。
- ・2023年春を目途に、志布志市・大崎町の紙おむつリサイクル処理を事業化する。
- ・2023年より、志布志後の横展開のFSをスタートし、具体的な地域検討を行う。

○事業拡大シナリオ

年度	2021	2023	2028	2030 (最終目標)
志布志・大崎		志布志・大崎事業化		
【横展開】 首都圏1都市		FS期間	首都圏1都市 事業化	
国内10都市		FS期間	国内10都市 事業化	

○シナリオ実現上の課題

- ・紙おむつ回収品品質の向上にむけて自治体・地域との啓蒙活動連携強化等
- ・横展開自治体選定と情報交換
- ・事業化に向けた連続運用コストの明確化
- ・横展開に向けたオペレーションの標準化、提携企業の模索



○参考資料1-1 CO₂削減効果について

○販売開始年(2023年)時点の削減効果 (試算方法パターン C,II-i CO₂の算出方法は、次ページ参照)

- ・国内潜在市場規模: 1台
- ・販売開始年度までに期待される最大普及量: 1台
- ・リサイクル設備1台当たりのCO₂削減量: 87.4t/年/台 (従来型はなし)
- ・削減原単位: エネルギー起源CO₂排出量:
 - 焼却の場合 0.055tCO₂/おむつt 焼却時のごみ発電による代替含む
 - リサイクルの場合 -0.119tCO₂/おむつt パルプ/SAP/RPFの代替含むCO₂削減量0.175tCO₂/t = 焼却の場合0.055tCO₂/t - (リサイクルの場合-0.119t/t)
年間CO₂削減量=87.4tCO₂/年/台=0.175t×500t
- ・累積CO₂削減量: 87.4t-CO₂
- ・CO₂削減コスト: 3,398千円/t-CO₂=リサイクル装置297,000千円÷87.4tCO₂

○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン C,II-i)

- ・国内潜在市場規模: 96台
- ・2030年度までに期待される最大普及量: 106台
- ・リサイクル設備1台当たりのCO₂削減量: 87.4t/年/台
- ・削減原単位: CO₂削減量0.175tCO₂/t = 焼却の場合0.055tCO₂/t - (リサイクルの場合-0.119t/t)
年間CO₂削減量=8,420tCO₂/年/台×96台
- ・累積CO₂削減量: 5,062t-CO₂
- ・CO₂削減コスト: 35千円/t-CO₂=リサイクル装置297,000千円÷8,420tCO₂

○2050年時点の削減効果 (試算方法パターン C,II-i)

- ・国内潜在市場規模: 963台
- ・2030年度までに期待される最大普及量: 1,069台
- ・リサイクル設備1台当たりのCO₂削減量: 87.4t/年/台
- ・削減原単位: CO₂削減量0.175tCO₂/t = 焼却の場合0.055tCO₂/t - (リサイクルの場合-0.119t/t)
年間CO₂削減量=84,195tCO₂/年/台×963台
- ・累積CO₂削減量: 81,274t-CO₂
- ・CO₂削減コスト: 4千円/t-CO₂=リサイクル装置297,000千円÷84,195tCO₂

○参考資料1-2（CO₂削減効果の計算方法等）

○CO₂削減効果の計算方法

①調査範囲

1. 使用済み紙おむつの回収輸送から廃棄リサイクル処理まで
2. 再資源化品を使用した際に、代替する製品の環境負荷の控除分を含む
3. 資本財は含まない（処理施設、輸送用車両等資本財の製造、維持）

②二次データ：主に最新版のIDEAv2を使用し、一部に温対法の排出係数を使用した。

③影響評価手法：IPCC2013 GWP100a

④代替製品と代替量算定方法

処理方法	再資源化物	代替製品	代替量算定方法
リサイクル処理	再資源化SAP	バージンSAP	質量等価
	再資源化パルプ	針葉樹クラフトパルプ	質量等価
	RPF	C重油	発熱量等価
焼却処理	電力（ゴミ発電）	公共電力	電力量等価

⑤その他の設定条件

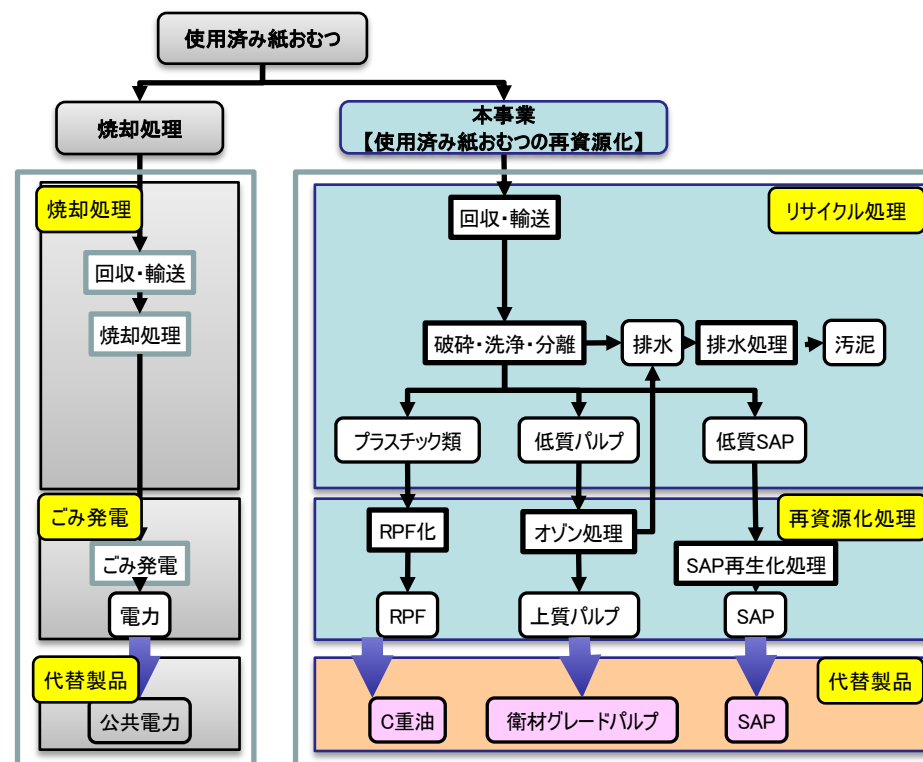
1. 使用済み紙おむつの組成
パルプ10.7%、SAP6.7%、プラスチック類7.7%、し尿74.7%、回収袋0.4%
2. 紙おむつ使用者人口
子供用紙おむつ：0-3歳児の84%、大人用紙おむつ：75歳以上の21%
3. 紙おむつ使用数量
紙おむつ：5枚/日
4. 紙おむつ平均質量
子供用紙おむつ：30g/枚、大人用紙おむつ：58g/枚

⑥LCA算定結果

本事業のリサイクル処理では、使用済み紙おむつ1tの処理当たり、0.350t-CO₂が排出される。パルプやSAP、RPFなどの再資源化品の代替効果による控除は0.469t-CO₂と算定され、これを考慮すると、正味の排出量は、-0.119t-CO₂と算定された。一方、比較対象とした焼却処理による排出量は0.083t-CO₂、ゴミ発電による控除が0.028t-CO₂と算定され、正味の排出量は0.055t-CO₂となった。

⑥ ライフサイクルフロー図

本事業でのリサイクル処理と、比較対象とした焼却処理のシステム境界をフロー図で示す。



○開発技術の展開について

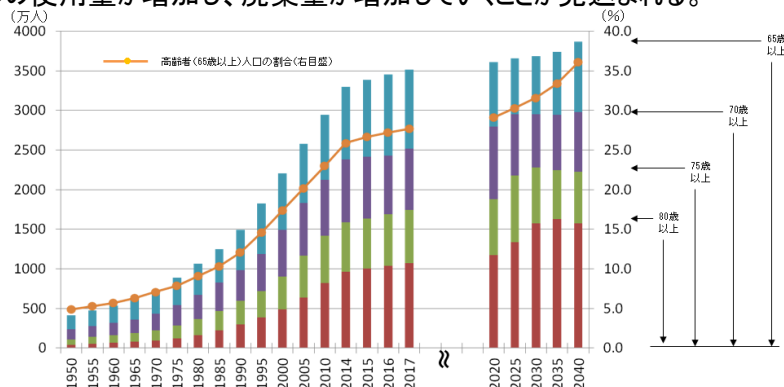
本事業によるリサイクル処理システムは、紙おむつだけでなく、パルプやSAPを原材料として使用する①ペットシート、②生理処理用品、③ティッシュペーパーなどへも適用可能な技術である。使用済み紙おむつと同様に、CO₂排出削減、廃棄物処理量の削減、再資源化品の製品への原材料としての使用を見込むことができる。

○参考資料2 事業化計画について

1. 背景、社会要請

●ユーザーニーズ及び市場の現状と想定される今後の動向

2030年に向けて、75歳以上の後期高齢者の比率が上昇。
紙おむつの使用量が増加し、廃棄量が増加していくことが見込まれる。



資料：1950年～2015年は「国勢調査」、2016及び2017年は「総務省推計」
2020年以降は「日本の将来推計人口（2012年1月推計）」出生（中位）死亡（中位）推計
（国立社会保障・人口問題研究所）から作成
出展元：総務省統計局

●環境変化を踏まえた事業化の方向性

一般廃棄物に占める紙おむつの割合が増加するが、目標値を現状廃棄コスト以下に定め、リサイクル技術開発を行い、環境省とも連携、横展開事業化を進める

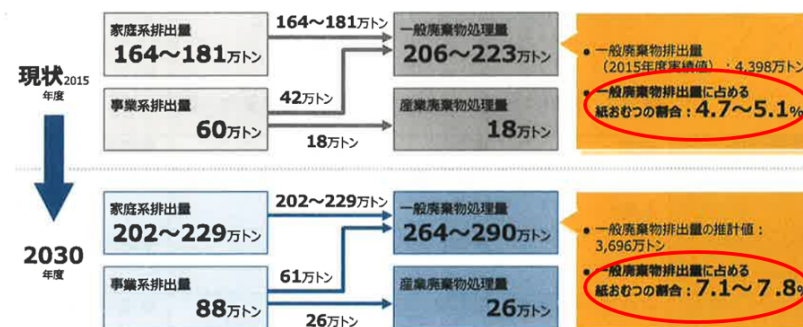


図 2-4 紙おむつの排出フロー（2015 年度、2030 年度）

出所）環境省「平成 29 年度リサイクルシステム統合強化による循環資源利用高度化促進業務報告書」

2. 事業化戦略イメージ

【紙おむつRecycle検討自治体】

紙おむつ水平リサイクル取組と、地域脱炭素取組の連携

●紙おむつRecycle普及促進Point

焼却処理と比較しての脱炭素効果

高齢化社会による紙おむつ使用量増加への対応

Supply Chain の強靱化

Recycle素材として再生資源の活用

既存施設等を活用した処理施設設置

他社とのCollaboration

- ・ 2028年：首都圏1都市にてリサイクル事業開始（4.2千t/年）
- ・ 2030年：日本10都市（人口50万人/都市）を対象にリサイクル事業開始（48千t/年）
- ・ 2050年：日本人口5000万人を対象に拡大

（●当社と、紙おむつRecycleについて、対話している自治体）

○参考資料3 取組内容イメージについて

SUSTAINABLE MODEL

＼ ユニ・チャームの「紙おむつ循環モデル」 ／

環境に負荷をかけずに
安全・安心の材料へ。



使用済み紙おむつ



分別回収・輸送

排泄物を除いた使用済み紙おむつを、回収専用袋に入れて分別・回収します。



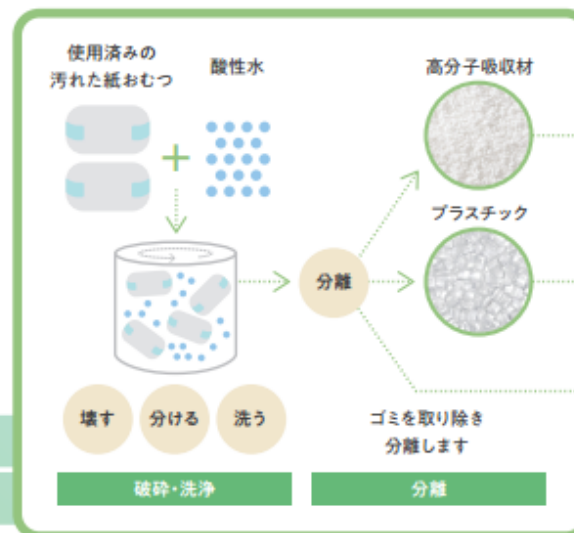
リサイクル紙おむつ

通常品と同等の
安全性・品質



上質パルプに再生

生まれ変わった上質パルプは、バージンパルプと同等の、衛生用にも使える安全性と品質です。



破砕・洗浄・分離

粗く破砕し、洗浄。パルプとプラスチック類に分離します。



オゾン処理(殺菌・漂白・消臭)

オゾン(O₃)の強力な酸化力によって、菌やウイルスを殺菌し、汚れや臭いを元から分解・漂白・消臭します。処理後のオゾンは水や酸素に分解して、安全に排出されます。

水も空気も汚さない
独自の技術



低質パルプ

すべての素材を
再資源化

CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 7. 7点(10点満点中。(10点:特に優れている、8点:優れている、6点:問題ない、4点:多少問題がある、2点:大きな問題がある))

・ 評価コメント

〔評価された点〕

- 使用済み紙おむつを回収後リサイクル処理し、新たな紙おむつ原料として使用可能なパルプおよび高吸収性ポリマー(SAP)に再資源化し、CO2排出削減と資源循環、コスト削減を実現できる技術を開発するという目的に沿って着実に技術開発を進め、製品品質、回収率の目標値をほぼ達成した。また使用済み紙おむつのリサイクルにおいて、使用薬剤の変更や工程の改善により、エネルギー起源のCO2排出量を焼却処理と比較して計画当初の値30%から大幅に削減できた点も評価できる。
- 実証地の自治体等との事業継続の覚書の締結、住民啓発による異物低減、再生品利用のためのパンフレットの作成、リサイクルパルプJIS案に対するパブリックコメントの実施など普及に向けての取り組みを完了しており、社会実装に向けての準備を滞りなく行っていることは評価できる。

〔今後の課題〕

- 技術的な要素として、SAPへの再資源化達成率が80%にとどまったことがやや残念である。また、オゾン酸化処理による電力消費がかさむ面があり、工夫をしてはいるが、さらに電力消費の節減に努める必要がある。
- 使用済み紙おむつを円滑に回収することが事業化にあたっての課題である。家庭での分別から自治体による回収、事業者の受け入れまでのフローを確立するため、地域の特性(都市化率や年齢構成等)を考慮した有効な手法を検討・実証する必要がある。市町村清掃事業と連携した分別収集の仕組み作りも重要である。

〔その他特記事項〕

- 使用済み紙おむつのプラスチック成分のリサイクルにRPFを想定しているが、滅菌してダウンリサイクル用途を探ることが望まれる。

〔事業化に向けたコメント〕

- 使用済み紙おむつの回収システムの構築と再生品の利用促進が円滑にできること、また、消費者のコスト意識と衛生観念からの拒否感の意識改革を促すことが事業化の成功の鍵となる。再生品に対する消費者の拒否感を弱めるため、衛生面で問題がないことの周知や価格面での配慮等必要な対応に努めるなど、現在取り組んでいる自治体等と協力して、成功モデルを作ることが望まれる。また、紙おむつto紙おむつに絞る必要性を再検討することも必要である。SAP等は再生利用でも問題ないだろうが、肌に接する部分についてはバージンパルプを使うことも考えられる。
- 紙おむつのリサイクルにより事業者のGHG排出量が増加することから、カーボンニュートラルの達成に向けてリサイクルプロセスの脱炭素化の検討を進める必要がある。一志布志市・大崎町における事業化は確実に行われる見込みであるが、横展開をどのように進めるかが重要となる。そのためにさらなる低コスト化を図るとともに、マテリアルフロー、コストバランス、分別収集～選別ノウハウやガイドラインの明確化等を含む定量的説明資料を作成し、他自治体への積極的なPR戦略に努力してほしい。